

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202192071 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2021.11.08

(51) Int. Cl. *H02K 1/18* (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2019.12.17

(54) ШИХТОВАННЫЙ СЕРДЕЧНИК И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ

(31) 2018-235861

(72) Изобретатель:

(32) 2018.12.17

Охсуги Ясуо, Хираяма Рюи, Такеда
Кадзутоси (JP)

(33) JP

(86) PCT/JP2019/049282

(74) Представитель:

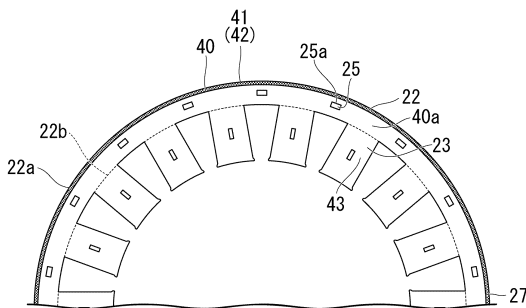
(87) WO 2020/129935 2020.06.25

Медведев В.Н. (RU)

(71) Заявитель:

НИШОН СТИЛ КОРПОРЕЙШН
(JP)

(57) Шихтованный сердечник включает в себя множество уложенных в направлении по толщине листов электротехнической стали, причем каждый из листов электротехнической стали включает в себя кольцевую часть спинки сердечника; в части спинки сердечника предусмотрено множество крепежных частей с интервалами в окружном направлении; на внешней окружной стороне от крепежных частей в части спинки сердечника образована клеящая область; и на внутренней окружной стороне от крепежных частей в части спинки сердечника образована неклеящая область.



A1

202192071

202192071

A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-570528EA/022

ШИХТОВАННЫЙ СЕРДЕЧНИК И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ

Область техники

[0001] Настоящее изобретение относится к шихтованному сердечнику и электродвигателю. Испрашивается приоритет по заявке на патент Японии № 2018-235861, поданной 17 декабря 2018 года, содержание которой включено в данном документе по ссылке.

Предпосылки изобретения

[0002] В уровне техники известен шихтованный сердечник, описанный в нижеприведенном патентном документе 1. В этом шихтованном сердечнике смежные в направлении укладки листы электротехнической стали приклеены друг к другу посредством клеевого слоя.

Список цитируемой литературы

Патентные документы

[0003] Патентный документ 1: не прошедшая экспертизу заявка на патент Японии, первая публикация № 2015-142453

Сущность изобретения

Проблемы, разрешаемые изобретением

[0004] Имеется потребность в улучшении магнитных свойств шихтованного сердечника предшествующего уровня техники.

[0005] Настоящее изобретение было создано с учетом вышеизложенных обстоятельств, и цель настоящего изобретения заключается в том, чтобы улучшить магнитные свойства.

Средства решения проблемы

[0006] Чтобы решить вышеуказанные проблемы, настоящее изобретение предлагает следующие средства.

(1) Первый аспект настоящего изобретения представляет собой шихтованный сердечник, который включает в себя множество уложенных в направлении по толщине листов электротехнической стали, при этом каждый из листов электротехнической стали включает в себя кольцевую часть спинки сердечника; на внешней окружной стороне части спинки сердечника образована клеевая область; на внутренней окружной стороне части спинки сердечника образована неклеевая область; и в неклеевой области части спинки сердечника предусмотрено множество крепежных частей с интервалами в окружном направлении.

[0007] В общем, клей усаживается во время отверждения. Поэтому, когда в листе электротехнической стали предусмотрен клей, к листу электротехнической стали прикладывается механическое напряжение сжатия по мере того, как клей отверждается. При приложении механического напряжения сжатия в листе электротехнической стали возникает деформация. Кроме того, когда в листе электротехнической стали

предусмотрены крепежные части, лист электротехнической стали деформируется, и в силу этого в листе электротехнической стали возникает деформация. Крепежные части и клеевая область образуют скрепляющую часть. Скрепляющая часть прикрепляет смежные в направлении укладки листы электротехнической стали друг к другу. По мере того, как площадь скрепляющей части увеличивается, деформация листа электротехнической стали увеличивается. Согласно этой конфигурации предусмотрена клеевая область, в которой клеевая часть, т.е., например, клей, образована только на внешней окружной стороне части спинки сердечника. Поэтому части спинки сердечника смежных в направлении укладки листов электротехнической стали частично приклеены друг к другу. Поэтому площадь клеевой области, образованной в части спинки сердечника, уменьшается, например, по сравнению со случаем, в котором клеевая область простирается внутрь в радиальном направлении в крепежную часть. Поэтому площадь скрепляющей части на виде сверху в направлении укладки уменьшается. Соответственно, деформация, которая возникает во всем шихтованном сердечнике, может быть сделана меньшей. Как результат, магнитные потери, которые возникают в шихтованном сердечнике, могут уменьшаться, а магнитные свойства шихтованного сердечника могут улучшаться.

[0008] (2) В шихтованном сердечнике по пункту (1) внешняя окружная сторона части спинки сердечника может представлять собой внешнюю сторону внешних окружных краев крепежных частей; и внутренняя окружная сторона части спинки сердечника может представлять собой внутреннюю сторону внешних окружных краев крепежных частей. Согласно этой конфигурации участок клеевой области, ближайший к внутренней периферии, вообще не перекрывает крепежные части. Поэтому можно не допустить дополнительного развития деформации вследствие крепления клеевой части, предусмотренной в той области, где возникает деформация в листе электротехнической стали, посредством скрепления в направлении укладки с помощью крепежных частей. Поэтому площадь скрепляющей части дополнительно уменьшается. Соответственно, деформация, которая возникает в шихтованном сердечнике, может быть сделана меньшей.

[0009] (3) В шихтованном сердечнике по пункту (2) внешняя окружная сторона частей спинки сердечника может представлять собой внешнюю сторону виртуальной окружности, образованной на внешней окружной стороне внешних окружных краев крепежных частей; и внутренняя окружная сторона части спинки сердечника может представлять собой внутреннюю сторону виртуальной окружности. Согласно этой конфигурации, например, даже в случае, в котором лист электротехнической стали включает в себя зубчатые части, клеевая область не предусмотрена в зубчатых частях. Поэтому площадь скрепляющей части дополнительно уменьшается. Соответственно, деформация, которая возникает в шихтованном сердечнике, может быть сделана меньшей.

[0010] (4) В шихтованном сердечнике по любому из пунктов (1)-(3) клеевые области могут быть образованы по меньшей мере в окрестности крепежных частей на внешнем окружном крае части спинки сердечника. Согласно этой конфигурации клеевые части предусмотрены разрывно (прерывисто) с интервалами, без их наличия непрерывно

по всей окружности внешнего края части спинки сердечника. Поэтому площадь клеевых областей, образованных в части спинки сердечника, уменьшается по сравнению, например, со случаем, в котором клеевые области образованы по всей окружности. Соответственно, площадь скрепляющей части дополнительно уменьшается. Поэтому деформация, которая возникает во всем шихтованном сердечнике, может быть сделана меньшей.

[0011] (5) Шихтованный сердечник по любому из пунктов (1)-(4) может дополнительно включать в себя клеевую часть, которая предусмотрена в клеевой области части спинки сердечника между смежными в направлении укладки листами электротехнической стали и приклеивает смежные в направлении укладки части спинки сердечника друг к другу. Согласно этой конфигурации можно надежно приклеивать смежные в направлении укладки листы электротехнической стали друг к другу с использованием клеевой части.

[0012] (6) В шихтованном сердечнике по пункту (5) средняя толщина клеевых частей может составлять от 1,0 мкм до 3,0 мкм.

[0013] (7) В шихтованном сердечнике по пункту (5) или (6) средний модуль Е упругости на растяжение клеевых частей может составлять от 1500 МПа до 4500 МПа.

[0014] (8) В шихтованном сердечнике по любому из пунктов (5)-(7) клеевая часть может представлять собой клеящий при комнатной температуре клей на акриловой основе, включающий SGA, выполненный из эластомерсодержащего клея на акриловой основе.

[0015] (9) Второй аспект настоящего изобретения представляет собой электродвигатель, включающий в себя шихтованный сердечник по любому из пунктов (1)-(8). Согласно этой конфигурации можно улучшить магнитные свойства электродвигателя.

Эффекты изобретения

[0016] Согласно настоящему изобретению можно улучшить магнитные свойства.

Краткое описание чертежей

[0017] Фиг. 1 – вид в разрезе электродвигателя согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 2 – вид сверху статора, входящего в состав электродвигателя, показанного на фиг. 1.

Фиг. 3 – вид сбоку шихтованного сердечника согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 4 – вид сверху первой поверхности листа электротехнической стали в шихтованном сердечнике согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 5 – вид сверху первой поверхности листа электротехнической стали в шихтованном сердечнике согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 6 – вид сверху первой поверхности листа электротехнической стали в шихтованном сердечнике согласно сравнительному примеру.

Фиг. 7 – диаграмма, показывающая относительные значения магнитных потерь

шихтованных сердечников по примеру 1 и примеру 2 в случае, в котором магнитные потери шихтованного сердечника по сравнительному примеру приняты равными 1.

Вариант(ы) осуществления изобретения

[0018] В дальнейшем шихтованный сердечник и электродвигатель согласно варианту осуществления настоящего изобретения будут описаны со ссылкой на чертежи. В настоящем варианте осуществления в качестве примера электродвигателя будет описан двигатель, а именно, электродвигатель переменного тока. Электродвигатель переменного тока более конкретно представляет собой синхронный электродвигатель, а еще более конкретно, электродвигатель с постоянными магнитами. Этот тип электродвигателя подходящим образом используется, например, для электрического транспортного средства (электромобиля) и т.п.

[0019] Как показано на фиг. 1 и 2, электродвигатель 10 включает в себя статор 20, ротор 30, корпус 50 и вращающийся вал 60. Статор 20 и ротор 30 заключены в корпусе 50. Статор 20 прикреплен к корпусу 50. В настоящем варианте осуществления в качестве электродвигателя 10 используется электродвигатель с внутренним ротором, в котором ротор 30 расположен внутри статора 20. Тем не менее, в качестве электродвигателя 10 может использоваться электродвигатель с внешним ротором, в котором ротор 30 расположен снаружи статора 20. Дополнительно, в настоящем варианте осуществления электродвигатель 10 представляет собой электродвигатель трехфазного переменного тока с двенадцатью полюсами и восемнадцатью пазми. Тем не менее, например, число полюсов, число пазов, число фаз и т.п. может надлежащим образом изменяться.

[0020] Статор 20 включает в себя сердечник 21 статора и обмотку (не показана). Сердечник 21 статора включает в себя кольцевую часть 22 спинки сердечника и множество зубчатых частей 23. Часть 22 спинки сердечника представляет собой область, окруженную внешним окружным краем 22а части спинки сердечника и внутренним окружным краем 22b (пунктирной линией, показанной на фиг. 2) части спинки сердечника. В дальнейшем осевое направление сердечника 21 статора (части 22 спинки сердечника) (направление центральной оси О сердечника 21 статора) называется осевым направлением. Радиальное направление сердечника 21 статора (части 22 спинки сердечника) (направление, ортогональное центральной оси О сердечника 21 статора) называется радиальным направлением. Окружное направление сердечника 21 статора (части 22 спинки сердечника) (направление вращения вокруг центральной оси О сердечника 21 статора) называется окружным направлением.

[0021] Часть 22 спинки сердечника имеет круглую форму на виде сверху статора 20 в осевом направлении. Множество зубчатых частей 23 выступают из части 22 спинки сердечника в радиальном направлении (к центральной оси О части 22 спинки сердечника в радиальном направлении). Множество зубчатых частей 23 расположены с равными интервалами в окружном направлении. В настоящем варианте осуществления предусмотрено восемнадцать зубчатых частей 23 через каждые 20 градусов в единицах центрального угла, центрированного на центральной оси О. Множество зубчатых частей

23 выполнены имеющими одинаковую форму и одинаковый размер. Обмотка намотана вокруг зубчатых частей 23. Обмотка может представлять собой концентрированную обмотку или распределенную обмотку.

[0022] Ротор 30 расположен внутри статора 20 (сердечника 21 статора) в радиальном направлении. Ротор 30 включает в себя сердечник 31 ротора и множество постоянных магнитов 32. Сердечник 31 ротора расположен коаксиально со статором 20, образуя кольцевую форму (круглую форму). Вращающийся вал 60 расположен в сердечнике 31 ротора. Вращающийся вал 60 прикреплен к сердечнику 31 ротора. Множество постоянных магнитов 32 прикреплены к сердечнику 31 ротора. В настоящем варианте осуществления набор из двух постоянных магнитов 32 образует один магнитный полюс. Множество наборов постоянных магнитов 32 расположены с равными интервалами в окружном направлении. В настоящем варианте осуществления предусмотрено двенадцать наборов постоянных магнитов 32 (всего двадцать четыре) через каждые 30 градусов в единицах центрального угла, центрированного на центральной оси O.

[0023] В настоящем варианте осуществления в качестве электродвигателя с постоянными магнитами используется электродвигатель с внутренними постоянными магнитами. В сердечнике 31 ротора выполнено множество сквозных отверстий 33, которые пронизывают сердечник 31 ротора в осевом направлении. Множество сквозных отверстий 33 предусмотрено соответствующим множеству постоянных магнитов 32. Каждый постоянный магнит 32 прикреплен к сердечнику 31 ротора в состоянии расположения в соответствующем сквозном отверстии 33. Например, внешняя поверхность постоянного магнита 32 и внутренняя поверхность сквозного отверстия 33 приклеены друг к другу клеем, и таким образом каждый постоянный магнит 32 прикреплен к сердечнику 31 ротора. В качестве электродвигателя с постоянными магнитами может использоваться электродвигатель с поверхностными постоянными магнитами вместо электродвигателя с внутренними постоянными магнитами.

[0024] Каждый из сердечника 21 статора и сердечника 31 ротора представляет собой шихтованный сердечник. Шихтованный сердечник образован множеством уложенных друг на друга листов 40 электротехнической стали. Толщина укладки каждого из сердечника 21 статора и сердечника 31 ротора составляет, например, 50,0 мм. Внешний диаметр сердечника 21 статора составляет, например, 250,0 мм. Внутренний диаметр сердечника 21 статора составляет, например, 165,0 мм. Внешний диаметр сердечника 31 ротора составляет, например, 163,0 мм. Внутренний диаметр сердечника 31 ротора составляет, например, 30,0 мм. Однако эти значения являются примерными, и толщина укладки, внешний диаметр и внутренний диаметр сердечника 21 статора и толщина укладки, внешний диаметр и внутренний диаметр сердечника 31 ротора не ограничены этими значениями. Здесь внутренний диаметр сердечника 21 статора приведен по внутренней кромке каждой из зубчатых частей 23 сердечника 21 статора. Внутренний диаметр сердечника 21 статора – это диаметр виртуальной окружности, вписанной во

внутренние кромки всех зубчатых частей 23.

[0025] Каждый лист 40 электротехнической стали для формирования сердечника 21 статора и сердечника 31 ротора формируется, например, посредством процесса пробивки листа электротехнической стали в качестве основного материала. В качестве листа 40 электротехнической стали может использоваться известный лист электротехнической стали. Химический состав листа 40 электротехнической стали не ограничен конкретным образом. В настоящем варианте осуществления в качестве листа 40 электротехнической стали используется лист изотропной электротехнической стали. В качестве листа изотропной электротехнической стали, например, может использоваться полоса изотропной электротехнической стали по японскому промышленному стандарту (JIS) C 2552:2014. Однако в качестве листа 40 электротехнической стали также может использоваться лист анизотропной электротехнической стали вместо листа изотропной электротехнической стали. В качестве листа анизотропной электротехнической стали может использоваться полоса анизотропной электротехнической стали по JIS C 2553:2012.

[0026] Изоляционное покрытие предусмотрено на каждой из обеих поверхностей листа 40 электротехнической стали для того, чтобы улучшить обрабатываемость листа электротехнической стали и уменьшить магнитные потери шихтованного сердечника. В качестве вещества, составляющего изоляционное покрытие, например, может применяться (1) неорганическое соединение, (2) органическая смола, (3) смесь неорганического соединения и органической смолы и т.п. Примеры неорганического соединения включают (1) комплексное соединение дихромата и борной кислоты, (2) комплексное соединение фосфата и диоксида кремния и т.п. Примеры органической смолы включают эпоксидные смолы, акриловые смолы, акрил-стирольные смолы, полиэфирные смолы, силиконовые смолы, фторкаучуки и т.п.

[0027] Чтобы обеспечивать рабочие характеристики изоляции между уложенными друг на друга листами 40 электротехнической стали, толщина изоляционного покрытия (толщина в расчете на одну поверхность листа 40 электротехнической стали) предпочтительно составляет 0,1 мкм или больше. С другой стороны, по мере того, как изоляционное покрытие становится более толстым, эффект изоляции становится насыщенным. Дополнительно, по мере того, как изоляционное покрытие становится более толстым, уменьшается коэффициент заполнения, а эксплуатационные характеристики шихтованного сердечника ухудшаются. Поэтому предпочтительно формировать изоляционное покрытие как можно более тонким в диапазоне, в котором могут обеспечиваться рабочие характеристики изоляции. Толщина изоляционного покрытия (толщина в расчете на одну поверхность листа 40 электротехнической стали) предпочтительно составляет 0,1 мкм или больше и 5 мкм или меньше, а более предпочтительно 0,1 мкм или больше и 2 мкм или меньше.

[0028] По мере того, как лист 40 электротехнической стали становится более тонким, эффект уменьшения магнитных потерь постепенно становится насыщенным. Дополнительно, по мере того, как лист 40 электротехнической стали становится более

тонким, затраты на изготовление листа 40 электротехнической стали увеличиваются. Поэтому, учитывая эффект уменьшения магнитных потерь и затраты на изготовление, толщина листа 40 электротехнической стали предпочтительно составляет 0,10 мм или больше. С другой стороны, если лист 40 электротехнической стали является слишком толстым, операция пробивки штампом листа 40 электротехнической стали становится затруднительной. Поэтому, с учетом операции пробивки штампом листа 40 электротехнической стали, толщина листа 40 электротехнической стали предпочтительно составляет 0,65 мм или меньше. Дополнительно, по мере того, как лист 40 электротехнической стали становится более толстым, магнитные потери увеличиваются. Поэтому, с учетом характеристики магнитных потерь листа 40 электротехнической стали, толщина листа 40 электротехнической стали предпочтительно составляет 0,35 мм или меньше. Толщина листа 40 электротехнической стали более предпочтительно составляет 0,20 мм или 0,25 мм. С учетом вышеуказанных аспектов толщина каждого листа 40 электротехнической стали составляет, например, 0,10 мм или больше и 0,65 мм или меньше. Толщина каждого листа 40 электротехнической стали предпочтительно составляет 0,10 мм или больше и 0,35 мм или меньше, а более предпочтительно 0,20 мм или 0,25 мм. Толщина листа 40 электротехнической стали также включает толщину изоляционного покрытия.

[0029] Как показано на фиг. 3, множество листов 40 электротехнической стали для формирования сердечника 21 статора укладываются друг на друга в направлении по толщине. Направление по толщине представляет собой направление по толщине листа 40 электротехнической стали. Направление по толщине соответствует направлению укладки листов 40 электротехнической стали. Множество листов 40 электротехнической стали расположены коаксиально с центральной осью O. Лист 40 электротехнической стали включает в себя часть 22 спинки сердечника и множество зубчатых частей 23. Как показано на фиг. 4, множество листов 40 электротехнической стали для формирования сердечника 21 статора прикрепляются друг к другу клеевой частью 41 и крепежными частями 25, которые предусмотрены на поверхности 40а (первой поверхности) листа 40 электротехнической стали. Например, хотя это и не показано, крепежная часть 25 состоит из выпуклой части (шпонки) и вогнутой части, которые образованы в листе 40 электротехнической стали. Выпуклая часть выступает из листа 40 электротехнической стали в направлении укладки. Вогнутая часть расположена на том участке листа 40 электротехнической стали, который находится с задней стороны выпуклой части. Вогнутая часть утоплена в направлении укладки относительно поверхности листа 40 электротехнической стали. Выпуклая часть и вогнутая часть формируются, например, посредством процесса прессования листа 40 электротехнической стали. Из пары листов 40 электротехнической стали, перекрывающихся в направлении укладки, выпуклая часть крепежной части 25 одного листа 40 электротехнической стали садится в вогнутую часть крепежной части 25 другого листа 40 электротехнической стали.

[0030] Клеевая часть 41 приклеивает смежные в направлении укладки части 22

спинки сердечника (листов 40 электротехнической стали) друг к другу. Множество листов 40 электротехнической стали для формирования сердечника 21 статора приклеиваются друг к другу клеевой частью 41. Клеевая часть 41 представляет собой клей, который предусмотрен между смежными в направлении укладки листами 40 электротехнической стали и отвержден без разделения. В качестве клея, например, используется термореактивный клей, отверждаемый за счет полимерного связывания, и т.п. В качестве состава клея может применяться (1) акриловая смола, (2) эпоксидная смола, (3) композиция, содержащая акриловую смолу и эпоксидную смолу, и т.п.

[0031] В качестве клея, в дополнение к термореактивному клею, также может использоваться клей радикальной полимеризации и т.п. С точки зрения производительности желателен отверждающийся при комнатной температуре (клеящий при комнатной температуре) клей. Отверждающийся при комнатной температуре клей представляет собой клей, который отверждается при 20-30°C. Помимо этого, в описании настоящего изобретения диапазон значений, представленный с использованием "-", означает диапазон, включающий в себя значения до и после "-" в качестве нижнего предельного значения и верхнего предельного значения. В качестве отверждающегося при комнатной температуре клея предпочтителен клей на акриловой основе. Типичные клеи на акриловой основе включают акриловый клей второго поколения (SGA) и т.п. Может использоваться любой из анаэробного клея, клея-момент и эластомерсодержащего клея на акриловой основе при условии, что эффекты настоящего изобретения не нарушаются. Упомянутый здесь клей означает клей в состоянии перед отверждением. После того, как клей отвержден, он становится клеевой частью 41.

[0032] Средний модуль Е упругости на растяжение клеевых частей 41 при комнатной температуре (20-30°C) составляет в диапазоне в 1500-4500 МПа. Если средний модуль Е упругости на растяжение клеевых частей 41 меньше 1500 МПа, возникает такая проблема, что жесткость шихтованного сердечника понижается. Поэтому нижний предел среднего модуля Е упругости на растяжение клеевых частей 41 составляет 1500 МПа, а более предпочтительно 1800 МПа. Наоборот, если средний модуль Е упругости на растяжение клеевых частей 41 превышает 4500 МПа, возникает такая проблема, что изоляционное покрытие, сформированное на поверхности листа 40 электротехнической стали, отслаивается. Поэтому верхний предел среднего модуля Е упругости на растяжение клеевых частей 41 составляет 4500 МПа, а более предпочтительно 3650 МПа.

[0033] Средний модуль Е упругости на растяжение измеряется резонансным методом. В частности, модуль упругости на растяжение измеряется в соответствии с JIS R 1602:1995. Более конкретно, сначала делают образец для измерения (не показана). Этот образец получается посредством приклеивания двух листов 40 электротехнической стали друг к другу подлежащим измерению клеем и отверждения клея с образованием клеевой части 41. В случае, в котором клей представляет собой термореактивный клей, это отверждение выполняется посредством нагрева и создания повышенного давления при условиях нагрева и повышенного давления в реальной операции. С другой стороны, в

случае, в котором клей представляет собой отверждающийся при комнатной температуре клей, отверждение выполняется посредством создания повышенного давления при комнатной температуре. Затем измеряется модуль упругости на растяжение этого образца резонансным методом. Как описано выше, способ измерения модуля упругости на растяжение резонансным методом выполняется в соответствии с JIS R 1602:1995. После этого посредством вычисления получается модуль упругости на растяжение только клеевой части 41 путем исключения влияния самого листа 40 электротехнической стали из модуля упругости образца на растяжение (измеренного значения). Полученный таким образом модуль упругости на растяжение образца равен среднему значению для сердечника 21 статора в целом, который представляет собой шихтованный сердечник. Поэтому такое значение рассматривается в качестве среднего модуля E упругости на растяжение. Состав среднего модуля E упругости на растяжение задается таким, что средний модуль E упругости на растяжение практически не изменяется в зависимости от положения укладки в направлении укладки и окружного положения вокруг центральной оси сердечника 21 статора. Поэтому значение, полученное измерением модуля упругости на растяжение отвержденной клеевой части 41 в верхнем концевом положении в сердечнике 21 статора, может рассматриваться в качестве среднего модуля E упругости на растяжение.

[0034] В качестве способа склеивания с использованием термореактивного клея, например, может использоваться способ нанесения клея на листы 40 электротехнической стали и затем приклеивания листов 40 электротехнической стали друг к другу посредством одного из нагрева и опрессовывания или их обоих. В качестве средства нагрева, например, используется способ нагрева в высокотемпературной ванне или электрической печи, способ непосредственного подвода энергии и т.п. Средством нагрева может быть любое средство.

[0035] Чтобы получать стабильную и достаточную адгезионную прочность, толщина клеевой части 41 предпочтительно составляет 1 мкм или больше. С другой стороны, когда толщина клеевой части 41 превышает 100 мкм, сила адгезии становится насыщенной. Дополнительно, по мере того, как клеевая часть 41 становится более толстой, коэффициент заполнения уменьшается, и магнитные свойства шихтованного сердечника по магнитным потерям и т.п. ухудшаются. Поэтому толщина клеевой части 41 составляет 1 мкм или больше и 100 мкм или меньше. Толщина клеевой части 41 более предпочтительно составляет 1 мкм или больше и 10 мкм или меньше. В вышеприведенном описании толщина клеевой части 41 означает среднюю толщину клеевых частей 41.

[0036] Средняя толщина клеевых частей 41 более предпочтительно составляет 1,0 мкм или больше и 3,0 мкм или меньше. Если средняя толщина клеевых частей 41 меньше 1,0 мкм, невозможно обеспечить достаточную силу адгезии, как описано выше. Поэтому нижний предел средней толщины клеевых частей 41 составляет 1,0 мкм, а более предпочтительно 1,2 мкм. Наоборот, если средняя толщина клеевых частей 41 становится

толще 3,0 мкм, возникают проблемы, такие как значительное увеличение величины деформации листа 40 электротехнической стали вследствие усадки во время термоотверждения. Поэтому верхний предел средней толщины клеевых частей 41 составляет 3,0 мкм, а более предпочтительно 2,6 мкм. Средняя толщина клеевых частей 41 является средним значением для сердечника 21 статора в целом. Средняя толщина клеевых частей 41 практически не изменяется в зависимости от положения укладки в направлении укладки и окружного положения вокруг центральной оси сердечника 21 статора. Поэтому среднее значение значений, полученных измерением толщин клеевых частей 41 в верхнем концевом положении в сердечнике 21 статора в десяти или более точках в окружном направлении, может рассматриваться в качестве средней толщины клеевых частей 41.

[0037] Среднюю толщину клеевых частей 41 можно регулировать, например, изменяя наносимое количество клея. Дополнительно, например, в случае термореактивного клея, средний модуль E упругости на растяжение клеевых частей 41 можно регулировать посредством изменения одного или обоих из применяемых во время склеивания условий нагрева и создания повышенного давления и типа отвердителя.

[0038] В настоящем варианте осуществления множество листов 40 электротехнической стали для формирования сердечника 31 ротора прикрепляются друг к другу посредством крепежной детали 42 (шканта, см. фиг. 1). Однако множество листов 40 электротехнической стали для формирования сердечника 31 ротора могут быть приклеены друг к другу посредством клеевой части 41. Шихтованный сердечник, такой как сердечник 21 статора и сердечник 31 ротора, может формироваться посредством так называемой укладки витками.

[0039] Как показано на фиг. 4, множество крепежных частей 25 предусмотрены в части 22 спинки сердечника листа 40 электротехнической стали с интервалами в окружном направлении. Как будет описано ниже, множество крепежных частей 25 предусмотрены в неклеевой области 43. Множество крепежных частей 25 расположены на одной и той же окружности, центрированной на центральной оси O . Каждая крепежная часть 25 сдвинута относительно каждой из зубчатых частей 23 в окружном направлении. На поверхности 40а листа 40 электротехнической стали, которая обращена в направлении укладки (в дальнейшем называется первой поверхностью листа 40 электротехнической стали), образованы клеевая область 42 листа 40 электротехнической стали, в которой имеется клеевая часть 41, и неклеевая область 43 листа 40 электротехнической стали, в которой не предусмотрена клеевая часть 41. Более конкретно, клеевая область 42 листа 40 электротехнической стали, в которой имеется клеевая часть 41, означает область первой поверхности 40а листа 40 электротехнической стали, в которой имеется клей (клеевая часть 41), который был отвержден без разделения. Дополнительно, неклеевая область 43 листа 40 электротехнической стали, в которой не предусмотрена клеевая часть 41, означает область первой поверхности 40а листа 40 электротехнической стали, в которой не предусмотрен клей, который отвержден без разделения. Клеевая область 42 и неклеевая

область 43 представляют собой отличные друг от друга области и не перекрываются друг с другом.

[0040] В настоящем варианте осуществления клеевая область 42 образована на внешней окружной стороне части 22 спинки сердечника первой поверхности 40а листа 40 электротехнической стали. Другими словами, клеевая часть 41 предусмотрена на внешней окружной стороне части 22 спинки сердечника первой поверхности 40а листа 40 электротехнической стали. Кроме того, другими словами, клей нанесен на внешнюю окружную сторону части 22 спинки сердечника первой поверхности 40а листа 40 электротехнической стали.

[0041] Внешняя окружная сторона части 22 спинки сердечника предпочтительно представляет собой внешнюю сторону внешних окружных краев 25а крепежных частей 25 (внешние окружные края 25а крепежных частей 25 означают те участки крепежных частей 25, которые находятся на самой внешней стороне крепежных частей 25 в радиальном направлении). Дополнительно, внешняя окружная сторона частей 22 спинки сердечника более предпочтительно представляет собой внешнюю сторону виртуальной окружности 27, образованной на внешней окружной стороне внешних окружных краев 25а крепежных частей 25. Виртуальная окружность 27 может иметь такой же диаметр, как и диаметр виртуальной описанной окружности, которая описана вокруг множества крепежных частей 25. На фиг. 4 клеевая часть 41 предусмотрена непрерывно по всей окружности внешнего края части 22 спинки сердечника на внешней стороне виртуальной окружности 27, образованной на внешней окружной стороне внешних окружных краев 25а крепежных частей 25. Другими словами, на фиг. 4 клеевая область 42 образована непрерывно по всей окружности внешнего края части 22 спинки сердечника на внешней стороне виртуальной окружности 27, образованной на внешней окружной стороне внешних окружных краев 25а крепежных частей 25.

[0042] Как показано на фиг. 4, клеевая часть 41 не предусмотрена на внутренней окружной стороне части 22 спинки сердечника первой поверхности 40а листа 40 электротехнической стали. Другими словами, клей не нанесен на внутреннюю окружную сторону части 22 спинки сердечника первой поверхности 40а листа 40 электротехнической стали. Кроме того, другими словами, неклеевая область 43 образована на внутренней окружной стороне части 22 спинки сердечника первой поверхности 40а листа 40 электротехнической стали. Множество крепежных частей 25 предусмотрены в неклеевой области 43 с интервалами в окружном направлении. Дополнительно, внутренняя окружная сторона части 22 спинки сердечника предпочтительно представляет собой внутреннюю сторону внешних окружных краев 25а крепежных частей 25. Дополнительно, внутренняя окружная сторона части 22 спинки сердечника более предпочтительно представляет собой внутреннюю сторону виртуальной окружности 27, образованной на внешней окружной стороне внешних окружных краев 25а крепежных частей 25. Другими словами, тот участок части 22 спинки сердечника, который находится внутри описанной окружности в радиальном направлении,

предпочтительно представляет собой неклеевую область 43. На фиг. 4 неклеевая область 43 предусмотрена по всей области внутри виртуальной окружности 27, образованной на внешней окружной стороне внешних окружных краев 25а крепежных частей 25 в части 22 спинки сердечника. Неклеевая область 43 также предусмотрена на участке первой поверхности 40а листа 40 электротехнической стали, соответствующем каждой из множества зубчатых частей 23.

[0043] Внешняя сторона внешних окружных краев 25а крепежных частей 25 означает область части 22 спинки сердечника снаружи внешних окружных краев 25а крепежных частей 25. Внутренняя сторона внешних окружных краев 25а крепежных частей 25 означает область части 22 спинки сердечника внутри внешних окружных краев 25а крепежных частей 25 и область части 22 спинки сердечника вдоль внешних окружных краев 25а крепежных частей 25. Аналогично, внешняя сторона виртуальной окружности 27 означает область части 22 спинки сердечника снаружи виртуальной окружности 27. Аналогично, внутренняя сторона виртуальной окружности 27 означает область части 22 спинки сердечника внутри виртуальной окружности 27 и область части 22 спинки сердечника вдоль виртуальной окружности 27.

[0044] Предполагается, что клеевая часть 41 предусмотрена между всеми наборами смежных в направлении укладки листов 40 электротехнической стали, как показано на фиг. 4. В этом случае отношение площади клеевой области 42 к 100% площади части 22 спинки сердечника первой поверхности 40а листа 40 электротехнической стали составляет, например, 20%.

[0045] Кроме того, как показано на фиг. 5, клеевые части 41 могут быть предусмотрены на внешней окружной стороне части 22 спинки сердечника первой поверхности 40а листа 40 электротехнической стали и по меньшей мере в окрестности крепежных частей 25 внешнего края части 22 спинки сердечника. Используемый здесь термин "окрестность крепежных частей 25" означает, например, диапазон, в три раза превышающий длину каждой из крепежных частей 25 в окружном направлении, с каждой из крепежных частей 25 в качестве центра в окружном направлении. В примере, показанном на фиг. 5, клеевые части 41 предусмотрены прерывисто по всей окружности. Клеевые части 41 предусмотрены только в окрестности крепежных частей 25 на внешнем краю части 22 спинки сердечника. Другими словами, клеевые части 41 также сдвинуты относительно зубчатых частей 23 в окружном направлении, аналогично крепежным частям 25. Клеевые части 41 не предусмотрены на тех участках внешнего края части 22 спинки сердечника, которые расположены с внешней стороны от зубчатых частей 23 в радиальном направлении. Другими словами, вместо клеевых областей 42 неклеевые области 43 образованы на тех участках внешнего края части 22 спинки сердечника, которые расположены с внешней стороны от зубчатых частей 23 в радиальном направлении. Размер каждой из клеевых областей 42 в окружном направлении является большим, чем размер каждой из крепежных частей 25 в окружном направлении. Каждая из крепежных частей 25 располагается на центральном участке каждой из клеевых

областей 42 в окружном направлении. Размер каждой из клеевых областей 42 в окружном направлении является большим, чем интервал между смежными в окружном направлении клеевыми областями 42.

[0046] В дальнейшем описывается случай, в котором клеевые части 41 предусмотрены между всеми наборами смежных в направлении укладки листов 40 электротехнической стали, как показано на фиг. 5. В этом случае отношение площади клеевых областей 42 к 100% площади части 22 спинки сердечника первой поверхности 40а листа 40 электротехнической стали составляет, например, 12%.

[0047] В настоящем варианте осуществления предполагается, что неклеевые области 43 образованы во множестве зубчатых частей 23, включенных в лист 40 электротехнической стали. В этом случае множество крепежных частей 25 могут быть предусмотрены в неклеевой области 43 части 22 спинки сердечника и в неклеевых областях 43 множества зубчатых частей 23 с интервалами в окружном направлении.

[0048] В общем, клей усаживается во время отверждения. Поэтому, когда клей предусмотрен в листе электротехнической стали, к листу электротехнической стали прикладывается механическое напряжение сжатия по мере того, как клей отверждается. При приложении механического напряжения сжатия в листе электротехнической стали возникает деформация. Дополнительно, когда крепежные части предусмотрены на листе электротехнической стали, лист электротехнической стали деформируется, и в силу этого возникает деформация в листе электротехнической стали. Крепежные части и клеевая область образуют скрепляющую часть. Скрепляющая часть прикрепляет смежные в направлении укладки листы электротехнической стали друг к другу. По мере того, как площадь скрепляющей части увеличивается, деформация листа электротехнической стали увеличивается. Как описано выше, в сердечнике 21 статора (шихтованном сердечнике) согласно настоящему варианту осуществления множество крепежных частей 25 предусмотрены в части 22 спинки сердечника с интервалами в окружном направлении. Клеевые части 41 предусмотрены на внешней окружной стороне части 22 спинки сердечника первой поверхности 40а листа 40 электротехнической стали. Клеевые части 41 не предусмотрены на внутренней окружной стороне части 22 спинки сердечника первой поверхности 40а листа 40 электротехнической стали. Другими словами, в сердечнике 21 статора (шихтованном сердечнике) согласно настоящему варианту осуществления множество крепежных частей 25 предусмотрены в части 22 спинки сердечника с интервалами в окружном направлении. Клеевые области 42 образованы на внешней окружной стороне части 22 спинки сердечника первой поверхности 40а листа 40 электротехнической стали. Неклеевые области 43 образованы на внутренней окружной стороне части 22 спинки сердечника первой поверхности 40а листа 40 электротехнической стали.

[0049] При этой конфигурации клеевые области 42, в которых предусмотрены клеевые части 41, образованы только на внешней окружной стороне части 22 спинки сердечника. Части 22 спинки сердечника смежных в направлении укладки листов 40

электротехнической стали частично приклеены друг к другу. Поэтому площадь клеевых областей, образованных в части 22 спинки сердечника, уменьшается, например, по сравнению со случаем, в котором клеевые области простираются внутрь в радиальном направлении в крепежную часть. Поэтому площадь скрепляющей части на виде сверху в направлении укладки уменьшается. Соответственно, деформация, которая возникает во всем сердечнике 21 статора, может быть сделана меньшей. Как результат, магнитные потери, которые возникают в сердечнике 21 статора, могут уменьшаться, а магнитные свойства сердечника 21 статора могут улучшаться.

[0050] Крепежные части 25 предусмотрены в неклеевых областях 43, отличающихся от клеевых областей 42. Если попытаться изготавливать сердечник статора, в котором крепежные части предусмотрены в клеевых областях, возникают следующие проблемы. Например, чтобы обеспечить крепежные части в клеевых областях, клей наносят на выпуклые части крепежных частей листа электротехнической стали. Если попытаться посадить покрытые клеем выпуклые части в вогнутые части крепежных частей другого листа электротехнической стали, клей заходит в зазоры между выпуклыми частями и вогнутыми частями, и выпуклые части могут не садиться глубоко в вогнутую часть. В этом случае имеется та проблема, что выпуклые части и вогнутые части не садятся точно, и пара листов электротехнической стали не укладываются параллельно друг другу. Аналогичная проблема возникает также в случае, в котором клей наносят на вогнутые части крепежных частей листа электротехнической стали. С другой стороны, в сердечнике 21 статора по настоящему варианту осуществления крепежные части 25 предусмотрены в неклеевых областях 43. Поэтому клей не заходит в зазоры между выпуклыми частями и вогнутыми частями, и даже если крепежные части 25 предусмотрены на листе 40 электротехнической стали, смежные в направлении укладки листы 40 электротехнической стали могут укладываться друг на друга параллельно друг другу.

[0051] В сердечнике 21 статора по настоящему варианту осуществления клеевые области 42 формируются на внешней окружной стороне части 22 спинки сердечника. Поэтому, в дополнение к способу, в котором клей наносят на первую поверхность 40а листа 40 электротехнической стали для обеспечения клеевых частей 41, можно обеспечить клеевые части следующим способом. А именно, клей располагают снаружи множества уложенных листов 40 электротехнической стали в радиальном направлении. Когда давление воздуха внутри множества листов 40 электротехнической стали в радиальном направлении уменьшается, клей пропитывается между множеством листов 40 электротехнической стали. Клеевые части можно обеспечить посредством отверждения этого клея.

[0052] В сердечнике 21 статора (шихтованном сердечнике) согласно настоящему варианту осуществления внешняя окружная сторона крепежных частей 25 в части 22 спинки сердечника задается в качестве внешней стороны внешних окружных краев 25а крепежных частей 25. После этого внутренняя окружная сторона крепежных частей 25 в

части 22 спинки сердечника задается в качестве внутренней стороны внешних окружных краев 25а крепежных частей 25. При этой конфигурации участок клеевых областей 42, ближайший к внутренней периферии, вообще не перекрывается с крепежными частями 25. Поэтому можно не допустить дополнительного развития деформации вследствие крепления клеевой части 41, предусмотренной в той области, в которой возникает деформация в листе 40 электротехнической стали, посредством скрепления в направлении укладки с помощью крепежных частей 25. Поэтому площадь скрепляющей части дополнительно уменьшается. Соответственно, деформация, которая возникает во всем сердечнике 21 статора, может быть сделана меньшей.

[0053] В сердечнике 21 статора (шихтованном сердечнике) согласно настоящему варианту осуществления внешняя окружная сторона части 22 спинки сердечника задается в качестве внешней стороны виртуальной окружности 27, образованной на внешней окружной стороне внешних окружных краев 25а крепежных частей 25. После этого внутренняя окружная сторона части 22 спинки сердечника задается в качестве внутренней стороны виртуальной окружности 27, образованной на внешней окружной стороне внешних окружных краев 25а крепежных частей 25. При этой конфигурации клеевые области 42 не предусмотрены в зубчатых частях 23. Поэтому площадь скрепляющей части, которая скрепляет смежные в направлении укладки листы 40 электротехнической стали и состоит из крепежных частей 25 и клеевых частей 41 (клеевых областей 42), дополнительно уменьшается. Соответственно, деформация, которая возникает во всем сердечнике 21 статора, может быть сделана меньшей.

[0054] В сердечнике 21 статора (шихтованном сердечнике) согласно настоящему варианту осуществления клеевые части 41 предусмотрены по меньшей мере в окрестности крепежных частей 25 на внешнем краю части 22 спинки сердечника. Соответственно, клеевые части 41 предусмотрены разрывно (прерывисто) с интервалами, без их наличия непрерывно по всей окружности внешнего края части 22 спинки сердечника. Поэтому площадь клеевых областей 42, образованных в части 22 спинки сердечника, уменьшается, например, по сравнению со случаем, в котором клеевые области образованы по всей окружности части спинки сердечника. Соответственно, площадь скрепляющей части дополнительно уменьшается. Поэтому деформация, которая возникает во всем сердечнике 21 статора, может быть сделана меньшей.

[0055] Сердечник 21 статора (шихтованный сердечник) согласно настоящему варианту осуществления включает в себя клеевые части 41, предусмотренные в клеевых областях 42 части 22 спинки сердечника. Поэтому можно надежно приклеивать смежные в направлении укладки листы 40 электротехнической стали друг к другу с использованием клеевых частей 41. В сердечнике 21 статора (шихтованном сердечнике) согласно настоящему варианту осуществления лист 40 электротехнической стали включает в себя множество зубчатых частей 23, в которых образованы неклеевые области 43. Соответственно, площадь неклеевых областей 43 в листе 40 электротехнической стали увеличивается. Поэтому можно увеличивать ту область, где не возникает деформация в

сердечнике 21 статора.

[0056] Электродвигатель 10 согласно настоящему варианту осуществления включает в себя сердечник 21 статора (шихтованный сердечник) согласно настоящему варианту осуществления. Поэтому можно улучшить магнитные свойства электродвигателя 10.

[0057] Технический объем настоящего изобретения не ограничен вышеописанными вариантами осуществления, и могут вноситься различные модификации без отступления от сущности настоящего изобретения.

[0058] Форма сердечника статора не ограничена формами, показанными в вышеописанных вариантах осуществления. В частности, размеры внешнего диаметра и внутреннего диаметра сердечника статора, толщина укладки, число пазов, соотношение размеров каждой из зубчатых частей в окружном направлении и радиальном направлении, соотношение размеров между каждой из зубчатых частей и частью спинки сердечника в радиальном направлении и т.п. могут быть произвольно спроектированы согласно свойствам требуемого электродвигателя.

[0059] В роторе по вышеописанным вариантам осуществления набор из двух постоянных магнитов 32 образует один магнитный полюс, но настоящее изобретение не ограничено этим. Например, один постоянный магнит 32 может образовывать один магнитный полюс, либо три или более постоянных магнита 32 могут образовывать один магнитный полюс.

[0060] В вышеописанных вариантах осуществления в качестве примера электродвигателя был описан электродвигатель с постоянными магнитами, но конструкция электродвигателя не ограничена этим, как будет проиллюстрировано ниже. В качестве конструкции электродвигателя также могут использоваться различные известные конструкции, которые не проиллюстрированы ниже. В вышеописанных вариантах осуществления в качестве примера синхронного электродвигателя был описан электродвигатель с постоянными магнитами. Однако настоящее изобретение не ограничено этим. Например, электродвигатель может представлять собой реактивный электродвигатель или электродвигатель с электромагнитным возбуждением (двухобмоточный электродвигатель). В вышеописанных вариантах осуществления в качестве примера электродвигателя переменного тока был описан синхронный электродвигатель. Однако настоящее изобретение не ограничено этим. Например, электродвигатель может представлять собой асинхронный электродвигатель. В вышеописанных вариантах осуществления в качестве примера электродвигателя был описан электродвигатель переменного тока. Однако настоящее изобретение не ограничено этим. Например, электродвигатель может представлять собой электродвигатель постоянного тока. В вышеописанных вариантах осуществления в качестве примера электродвигателя был описан двигатель. Однако настоящее изобретение не ограничено этим. Например, электродвигатель может представлять собой электрический генератор.

[0061] В вышеописанных вариантах осуществления проиллюстрирован случай, в

котором шихтованный сердечник согласно настоящему изобретению применяется в сердечнике статора. Шихтованный сердечник согласно настоящему изобретению также может применяться в сердечнике ротора.

[0062] Помимо этого, можно надлежащим образом заменять конструктивные элементы в вышеописанных вариантах осуществления известными конструктивными элементами без отступления от сущности настоящего изобретения. Дополнительно, вышеописанные примеры модификаций могут надлежащим образом комбинироваться.

Примеры

[0063] В дальнейшем настоящее изобретение будет описано конкретнее с помощью примеров и сравнительного примера, но настоящее изобретение не ограничено нижеприведенными примерами.

Пример 1

[0064] Как показано на фиг. 4, клеевую часть 41 предусматривали на внешней окружной стороне части 22 спинки сердечника первой поверхности 40а листа 40 электротехнической стали. Множество выполненных таким образом листов 40 электротехнической стали укладывали друг на друга с образованием шихтованного сердечника. Отношение площади клеевой области 42 к 100% площади части 22 спинки сердечника первой поверхности 40а листа 40 электротехнической стали составляло 20%. Два типа шихтованных сердечников с разными толщинами листов 40 электротехнической стали сформировали с использованием листа 40 электротехнической стали, имеющего толщину листа 0,20 мм, и листа 40 электротехнической стали, имеющего толщину листа 0,25 мм.

Пример 2

[0065] Как показано на фиг. 5, клеевые части 41 предусматривали на внешней окружной стороне части 22 спинки сердечника первой поверхности 40а листа 40 электротехнической стали и по меньшей мере в окрестности крепежных частей 25 внешнего края части 22 спинки сердечника. Множество выполненных таким образом листов 40 электротехнической стали укладывали друг на друга с образованием шихтованного сердечника. Отношение площади клеевых областей 42 к 100% площади части 22 спинки сердечника первой поверхности 40а листа 40 электротехнической стали составляло 12%. В других аспектах, аналогично примеру 1, сформировали два типа шихтованных сердечников с разными толщинами листов 40 электротехнической стали.

Сравнительный пример

[0066] Как показано на фиг. 6, клеевую часть 41 предусматривали поверх области от границы 22с между частью 22 спинки сердечника и внешним окружным краем 22а первой поверхности 40а листа 40 электротехнической стали до внутренней окружной стороны части 22 спинки сердечника первой поверхности 40а листа 40 электротехнической стали. Множество выполненных таким образом листов 40 электротехнической стали укладывали друг на друга с образованием шихтованного сердечника. Отношение площади клеевой области 42 к 100% площади части 22 спинки

сердечника первой поверхности 40а листа 40 электротехнической стали составляло 80%. В других аспектах, аналогично примеру 1, изготовили два типа шихтованных сердечников с разными толщинами листов 40 электротехнической стали.

Оценка магнитных потерь

[0067] В шихтованных сердечниках, полученных в примерах 1 и 2 и сравнительном примере, на обмотку каждой фазы подавали ток возбуждения, имеющий эффективное значение 10 А и частоту 100 Гц. Затем оценивали магнитные потери при условии, что скорость вращения ротора была задана равной 1000 об/мин. Оценку магнитных потерь выполняли посредством моделирования с использованием программного обеспечения. В качестве программного обеспечения использовали программное обеспечение моделирования электромагнитного поля JMAG, которое основано на методе конечных элементов и произведено компанией JSOL Corporation. Относительные значения магнитных потерь шихтованных сердечников по примерам 1 и 2 с принятыми за 1 магнитными потерями шихтованного сердечника по сравнительному примеру показаны на фиг. 7. Из результатов по фиг. 7 обнаружено, что магнитные потери шихтованных сердечников по примерам 1 и 2 ниже магнитных потерь шихтованного сердечника по сравнительному примеру независимо от толщины листа 40 электротехнической стали. Поэтому обнаружено, что в шихтованных сердечниках по примерам 1 и 2 можно уменьшить возникающие в шихтованном сердечнике потери путем уменьшения деформации, возникшей во всем шихтованном сердечнике. Кроме того, обнаружено, что в шихтованных сердечниках по примерам 1 и 2 можно в достаточной степени гарантировать магнитные свойства шихтованного сердечника.

Промышленная применимость

[0068] Согласно настоящему изобретению можно предложить шихтованный сердечник, имеющий улучшенные магнитные свойства, и электродвигатель, включающий в себя такой шихтованный сердечник. Следовательно, промышленная применимость является большой.

Краткое описание ссылочных обозначений

[0069] 10 - электродвигатель

20 - статор

21 - сердечник статора (шихтованный сердечник)

22 - часть спинки сердечника

23 - зубчатая часть

25 - крепежная часть

27 - виртуальная окружность

30 - ротор

31 - сердечник ротора (шихтованный сердечник)

32 - постоянный магнит

33 - сквозное отверстие

40 - лист электротехнической стали

- 41 - клеевая часть
- 42 - клеевая область
- 43 - неклеевая область
- 50 - корпус
- 60 - вращающийся вал

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Шихтованный сердечник, содержащий множество уложенных в направлении по толщине листов электротехнической стали, причем:

каждый из листов электротехнической стали включает в себя кольцевую часть спинки сердечника;

на внешней окружной стороне части спинки сердечника образована клеевая область;

на внутренней окружной стороне части спинки сердечника образована неклеевая область; и

в неклеевой области части спинки сердечника предусмотрено множество крепежных частей с интервалами в окружном направлении.

2. Шихтованный сердечник по п. 1, в котором:

внешняя окружная сторона части спинки сердечника представляет собой внешнюю сторону внешних окружных краев крепежных частей; и

внутренняя окружная сторона части спинки сердечника представляет собой внутреннюю сторону внешних окружных краев крепежных частей.

3. Шихтованный сердечник по п. 2, в котором:

внешняя окружная сторона частей спинки сердечника представляет собой внешнюю сторону виртуальной окружности, образованной на внешней окружной стороне внешних окружных краев крепежных частей; и

внутренняя окружная сторона части спинки сердечника представляет собой внутреннюю сторону виртуальной окружности.

4. Шихтованный сердечник по любому из пп. 1-3, в котором клеевые области образованы по меньшей мере в окрестности крепежных частей на внешнем окружном крае части спинки сердечника.

5. Шихтованный сердечник по любому из пп. 1-4, дополнительно содержащий клеевую часть, которая предусмотрена в клеевой области части спинки сердечника между смежными в направлении укладки листами электротехнической стали и приклеивает смежные в направлении укладки части спинки сердечника друг к другу.

6. Шихтованный сердечник по п. 5, в котором средняя толщина клеевых частей составляет от 1,0 мкм до 3,0 мкм.

7. Шихтованный сердечник по п. 5 или 6, в котором средний модуль E упругости на растяжение клеевых частей составляет от 1500 МПа до 4500 МПа.

8. Шихтованный сердечник по любому из пп. 5-7, в котором клеевая часть представляет собой клеящий при комнатной температуре клей на акриловой основе, включающий SGA, выполненный из эластомерсодержащего клея на акриловой основе.

9. Электродвигатель, содержащий шихтованный сердечник по любому из пп. 1-8.

**ИЗМЕНЕННАЯ ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ,
ПРЕДЛОЖЕННАЯ ЗАЯВИТЕЛЕМ ДЛЯ РАССМОТРЕНИЯ**

1. Шихтованный сердечник, содержащий множество уложенных в направлении по толщине листов электротехнической стали,

при этом каждый из листов электротехнической стали включает в себя кольцевую часть спинки сердечника,

при этом на внешней окружной стороне части спинки сердечника образована клеевая область,

при этом на внутренней окружной стороне части спинки сердечника образована неклеевая область,

при этом в неклеевой области части спинки сердечника предусмотрено множество крепежных частей с интервалами в окружном направлении,

при этом множество клеевых областей образованы только в окрестности крепежных частей, и

при этом множество клеевых областей расположены с интервалами друг от друга в окружном направлении.

2. Шихтованный сердечник по п. 1,

при этом внешняя окружная сторона части спинки сердечника представляет собой внешнюю сторону внешних окружных краев крепежных частей, и

при этом внутренняя окружная сторона части спинки сердечника представляет собой внутреннюю сторону внешних окружных краев крепежных частей.

3. Шихтованный сердечник по п. 2,

при этом внешняя окружная сторона частей спинки сердечника представляет собой внешнюю сторону виртуальной окружности, образованной на внешней окружной стороне внешних окружных краев крепежных частей, и

при этом внутренняя окружная сторона части спинки сердечника представляет собой внутреннюю сторону виртуальной окружности.

4. Шихтованный сердечник по любому из пп. 1-3, дополнительно содержащий клеевую часть, которая предусмотрена в клеевой области части спинки сердечника между смежными в направлении укладки листами электротехнической стали и приклеивает смежные в направлении укладки части спинки сердечника друг к другу.

5. Шихтованный сердечник по п. 4, в котором средняя толщина клеевых частей составляет от 1,0 мкм до 3,0 мкм.

6. Шихтованный сердечник по п. 4 или 5, в котором средний модуль E упругости на растяжение клеевых частей составляет от 1500 МПа до 4500 МПа.

7. Шихтованный сердечник по любому из пп. 4-6, в котором клеевая часть представляет собой клеящий при комнатной температуре клей на акриловой основе, включающий SGA, выполненный из эластомерсодержащего клея на акриловой основе.

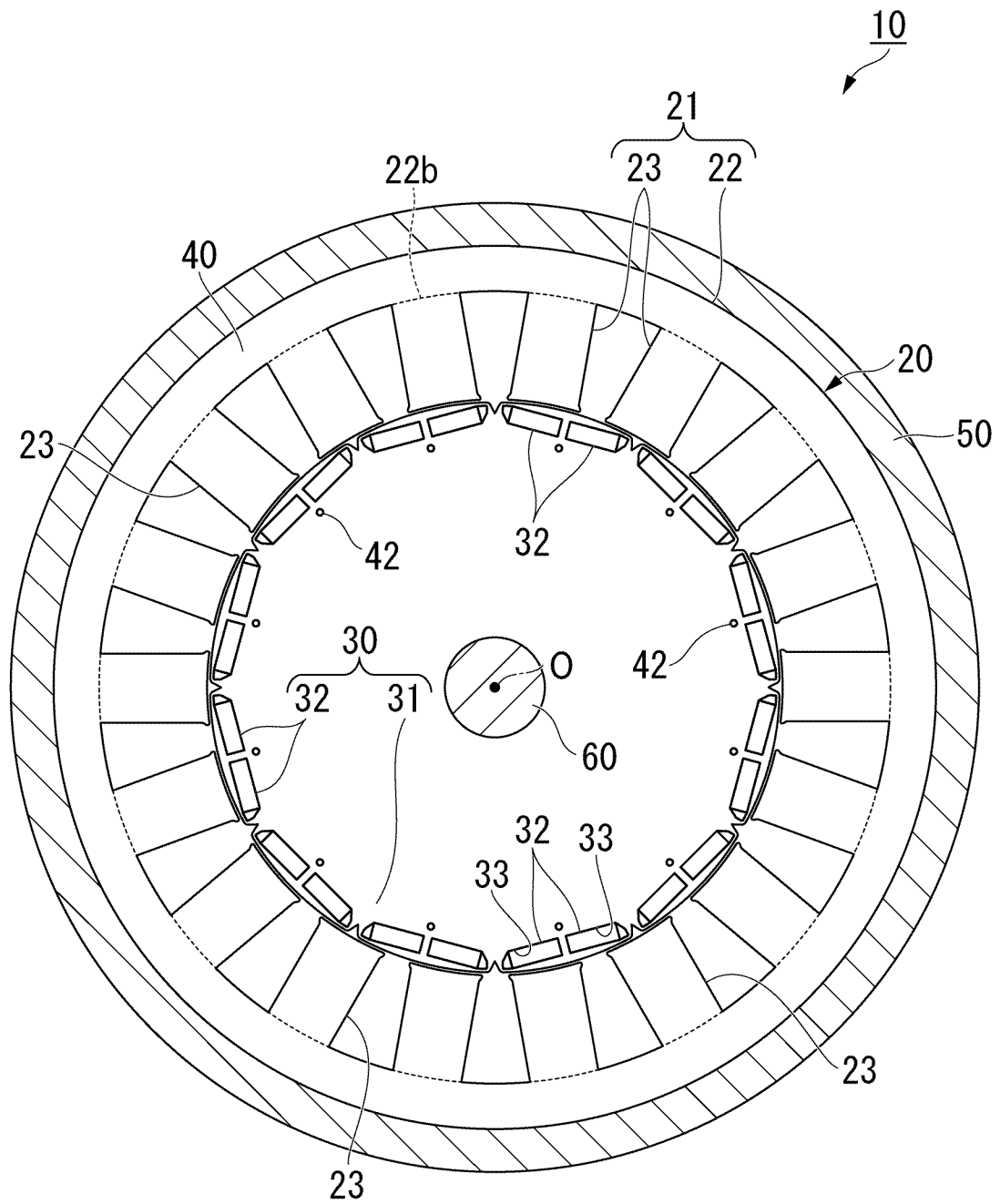
8. Шихтованный сердечник по любому из пп. 1-7,

при этом лист электротехнической стали включает в себя множество зубчатых

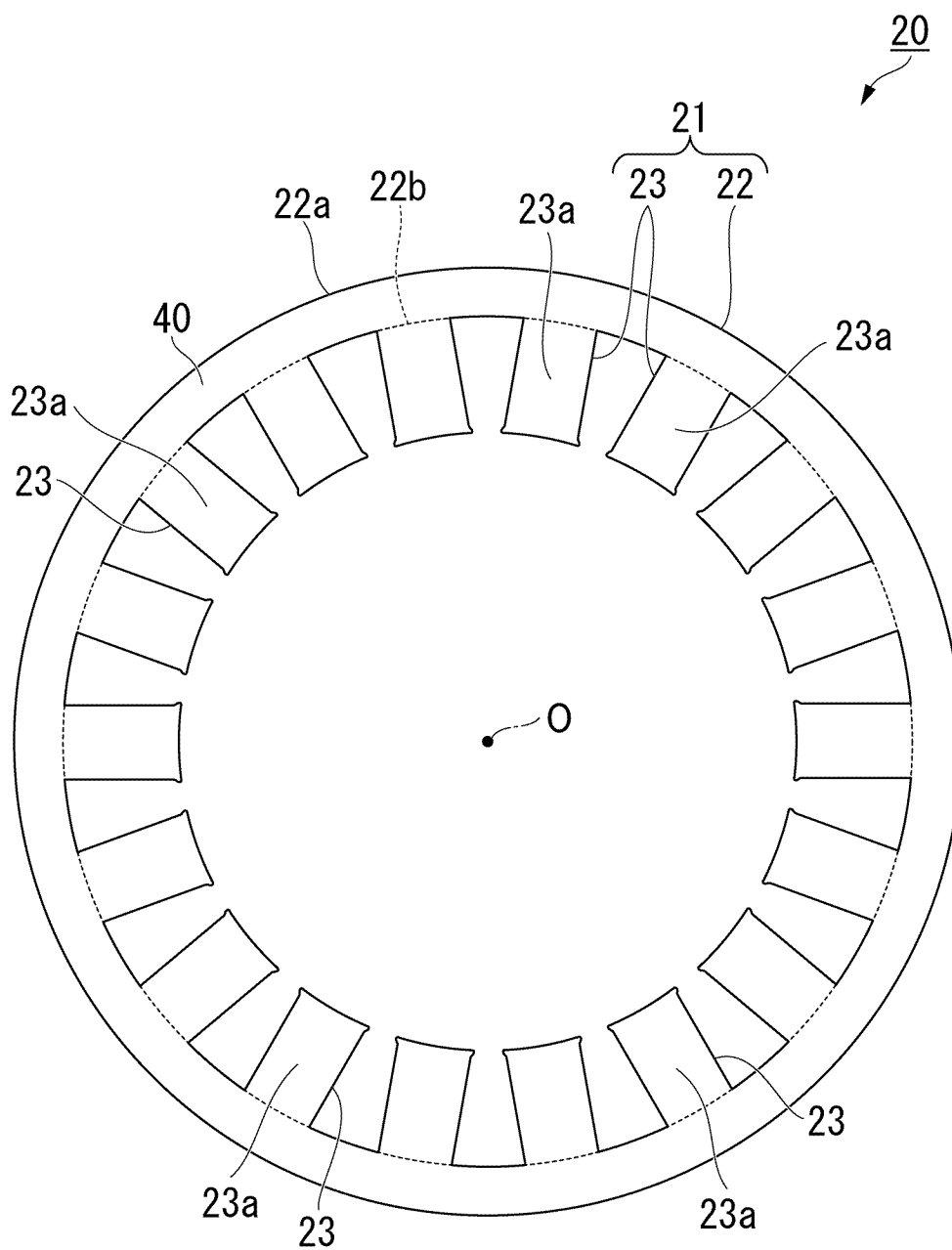
частей, которые выступают из части спинки сердечника в радиальном направлении, при этом неклеевая область образована в каждой из зубчатых частей, и при этом клеевая область образована только в положении, которое представляет собой радиальную внешнюю сторону участка между множеством смежных в окружном направлении зубчатых частей.

9. Электродвигатель, содержащий шихтованный сердечник по любому из пп. 1-8.

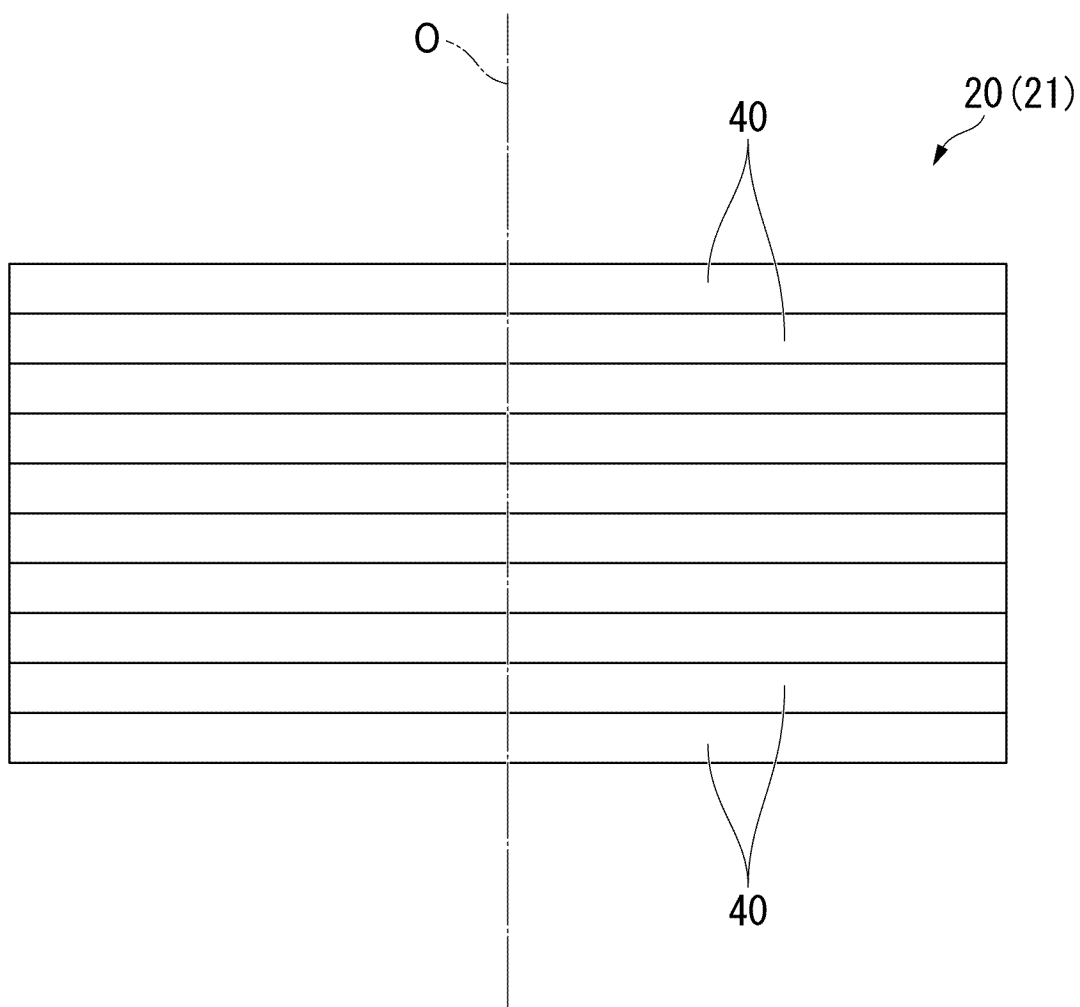
ФИГ. 1



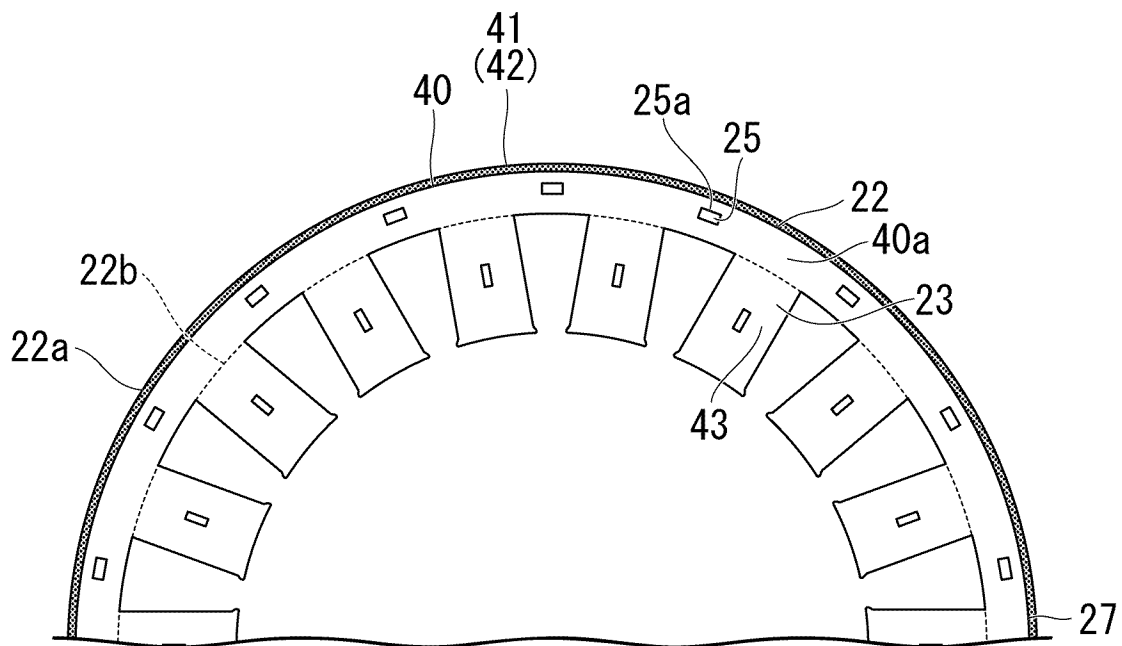
ФИГ. 2



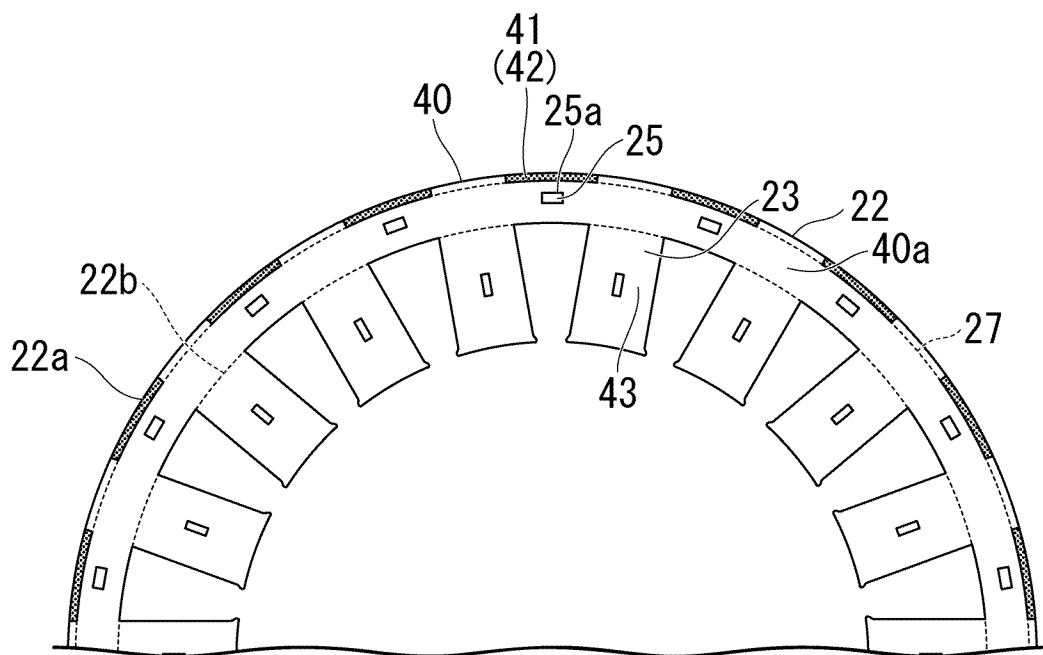
ФИГ. 3



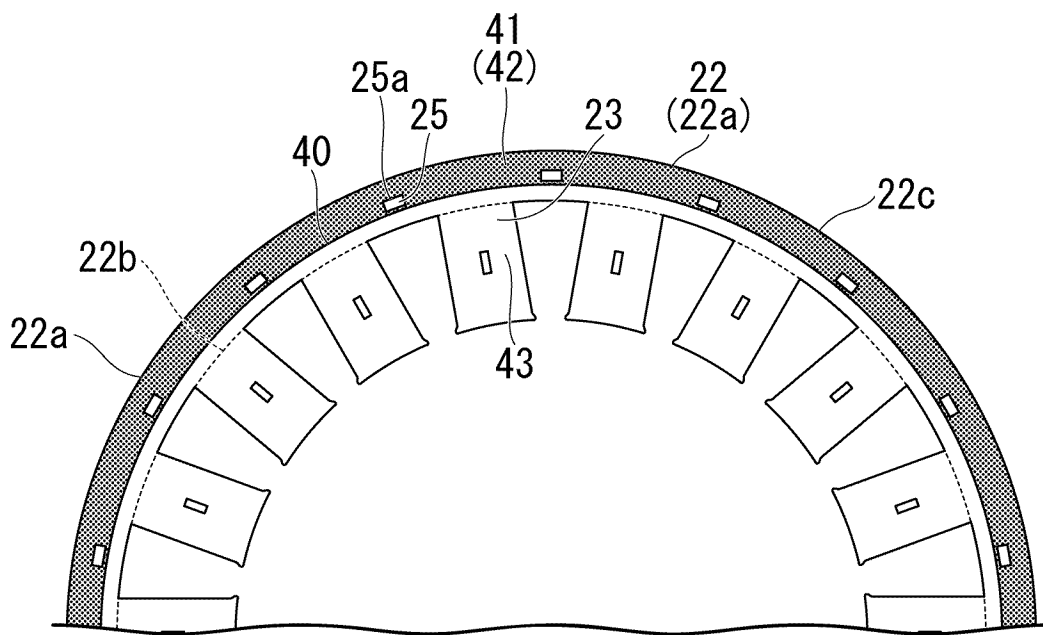
ФИГ. 4



ФИГ. 5



ФИГ. 6



ФИГ. 7

